



## امکان‌سنجی استفاده از سامانه داده‌های دورسنجی در تعیین الگوهای پراکنش زمانی و مکانی ماهی تون گیدر (*Thunnus albacares*) در دریای عمان

نیلوفر انصافی<sup>۱</sup>، بهزاد رایگانی<sup>۲\*</sup>، بهزاد سعیدپور<sup>۳</sup>، فرهاد کیمرام<sup>۴</sup>

۱. کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبزیان شیلاتی، گروه شیلات، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران

۲. دانشیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

۳. استادیار گروه علوم محیط دریا، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران

۴. دانشیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، سازمان آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹

### چکیده

اکثر ماهیگیران از روش‌های سنتی برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری استفاده می‌کنند. افزایش تقاضا برای ماهی و نیاز به بهره‌برداری منابع دریایی به شیوه مقرون به صرفه و کاهش فعالیت‌های انسانی، معرفی و کاربرد روش‌های جدید را به ملاحظات مهمی تبدیل کرده است. استفاده از سنسج از دور در ماهیگیری منجر به صید موفقیت‌آمیز و کاهش هزینه‌های ماهیگیری و فعالیت‌های انسانی می‌گردد. در این تحقیق سعی شد با استفاده از سامانه دورسنجی، پراکنش ماهی گیدر در دریای عمان شناسایی و نقشه احتمال حضور آن‌ها ترسیم شود. بدین منظور، الگوهای پراکنش ماهیان تون از طریق داده‌های ماهیگیری و داده‌های ماهانه دورسنجی (دمای آب، کلروفیل-a، ارتفاع از سطح دریا، شوری و سرعت باد) برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) در دریای عمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی چندمعیاره، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، استفاده از داده‌های دورسنجی برای تعیین الگوهای پراکنش زمانی و مکانی ماهی گیدر بیش از ۷۰ درصد دقت دارد. با بررسی خروجی نقشه پراکنش صید و داده‌های آزمون، مشخص شد که مدل ارائه شده از توان مطلوبی جهت شناسایی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری تون گیدر برخوردار است. بر این اساس می‌توان اشاره نمود که داده‌های دورسنجی می‌تواند مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری را با حداقل خطا نشان دهد. از این‌رو در مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد برای مکان‌یابی صید و راهنمایی صیادان از داده‌های دورسنجی استفاده شود. همچنین نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیران شیلات برای مدیریت ماهیگیری بر پایه اکوسیستم و کاهش تلاش ماهیگیری در ماهی‌یابی کمک کند.

واژگان کلیدی: ماهی گیدر، داده‌های دورسنجی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ارزیابی چندمعیاره، دریای عمان



# The feasible study of spatial and temporal distribution patterns of Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Oman Sea using Remote Sensing Data

**Niloofer Ensafi<sup>1</sup>, Behzad Rayegani<sup>2\*</sup>, Behzad Saeedpour<sup>3</sup>, Farhad Kaymaram<sup>4</sup>**

*1. Master of Aquatic Ecology, Department of Fisheries, College of Environment, Karaj, Iran*

*2. Associate Professor, Assessment and Environment Risks Department, Research Center of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran*

*3. Assistant Professor, Department of Marine Environmental Sciences, College of Environment, Karaj, Iran*

*4. Associate Professor, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran*

**Received: 11-Oct-2021**

**Accepted: 8-Feb-2023**

## **Abstract**

Most fishermen use traditional methods to identify areas with fishing potential. Increasing demand for fish and the need to exploit marine resources in a cost-effective manner and reduce human activities have made the introduction and application of new methods important considerations. The use of remote sensing in fishing leads to successful fishing and reduces the cost of fishing and human activities. In this research, we have tried to identify the distribution of Yellowfin tuna in the Oman Sea using Remotely Sensed system and draw a map of their possible presence. For this purpose, the distribution patterns of tuna fishes were studied through catch data and monthly remotely sensed data (sea surface temperature, chlorophyll-a, sea surface heights, salinity and wind speed) for the years 2016 and 2017 in the Oman Sea using GIS and multi-criteria evaluation. The results showed use of remotely sensed data to determine the spatial and temporal distribution patterns of Yellowfin tuna is more than 70% accurate. By studying, the output of the catch distribution map and the test data was determined the proposed model is of optimal power for identifying Yellowfin tuna. On this basis, it can be mentioned that remotely sensed data could show potential fishing zone with a least error. Therefore, in future studies, the use of remotely sensed data for location of fishing and fishermen guidance is suggested, Also the results of this research could help fishery managers to ecosystem fisheries based on management and reducing the fishing effort for fish finding.

**Keywords:** Yellowfin tuna, Remotely Sensed Data, GIS, Multi-Criteria Evaluation, Oman Sea.

## ۱. مقدمه

ماهی‌ها منابع غذایی تجدیدپذیری هستند که میلیون‌ها نفر در سراسر جهان برای معیشت روزانه خود به آن وابسته‌اند (Gillett, 2011). اکثر ماهیگیران از روش‌های سنتی برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری استفاده می‌کنند (Nuridin et al., 2015)، این مناطق به صورت تصادفی براساس زیستگاه‌های تکراری (Nuridin et al., 2015)، ویژگی‌های طبیعی مانند پرندگی دریا، گروه‌های دلفین‌ها، حباب‌های روی آب، چوب‌ها یا دیگر اشیاء شناور بر روی سطح و یا اطلاعات دیگر ماهیگیران تعیین می‌شود (Nuridin et al., 2017). افزایش تقاضا برای ماهی و نیاز به بهره‌برداری منابع دریایی به‌شیوه مقرون به صرفه و کاهش فعالیت‌های انسانی، معرفی و کاربرد روش‌های جدید را به ملاحظات مهمی تبدیل کرده است. در این مورد، استفاده از سنسج از دور در ماهیگیری نه تنها منجر به دستیابی به اهداف فوق شده است بلکه باعث کاهش هزینه‌های ماهیگیری و فعالیت‌های انسانی نیز می‌گردد (Williams et al., 2010)؛ که به نوبه خود منجر به جمع‌آوری سریع و در مقیاس بزرگ از داده‌ها خواهد شد (Yen et al., 2012). استفاده از دورسنجی همراه با اندازه‌گیری‌های میدانی یک روش کارآمد برای بهبود ماهیگیری است (Williams et al., 2010).

استفاده از سنسج از دور در ماهیگیری در سرتا سر جهان افزایش یافته است (Nguyen and Doan, 2014; Gaol et al., 2015; Kumar et al., 2015; Setiawati et al., 2015; Tijani et al., 2016). متغیرهای محیطی قابل اندازه‌گیری با سنسج از دور اغلب برای درک ترجیحات زیستگاه‌های ماهی تون و پیش‌بینی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری استفاده می‌شود (Zainuddin et al., 2004; Zainuddin et al., 2008; Kumari et al., 2009; Rajapaksha et al., 2010; Davies et al., 2014). برای مثال، Zainuddin و همکاران (۲۰۰۸) و Rajapaksha و همکاران (۲۰۱۰) و Tanaka و همکاران (۲۰۱۷) از داده‌های ماهواره‌ای زیست‌محیطی شامل دمای سطح آب، کلروفیل- $\alpha$  و ارتفاع سطح آب با

داده‌های صید برای بررسی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری استفاده کردند. در ایران مطالعات در مورد پراکنش ماهی‌های تون با استفاده از داده‌های دورسنجی تنها به مطالعات Haghi و همکاران (۲۰۱۷)، (۲۰۱۸) و (۲۰۲۱) در اقیانوس هند ختم می‌شود، که از متغیرهای محیطی دما، شوری، عمق لایه مخلوط شونده، تولید اولیه خالص و ارتفاع سطح دریا برای بررسی اثرات شرایط اقیانوسی بر زیستگاه تون زرد باله (*Thunnus albacares*)، هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) و تون چشم‌درشت (*Thunnus obesus*) استفاده کردند.

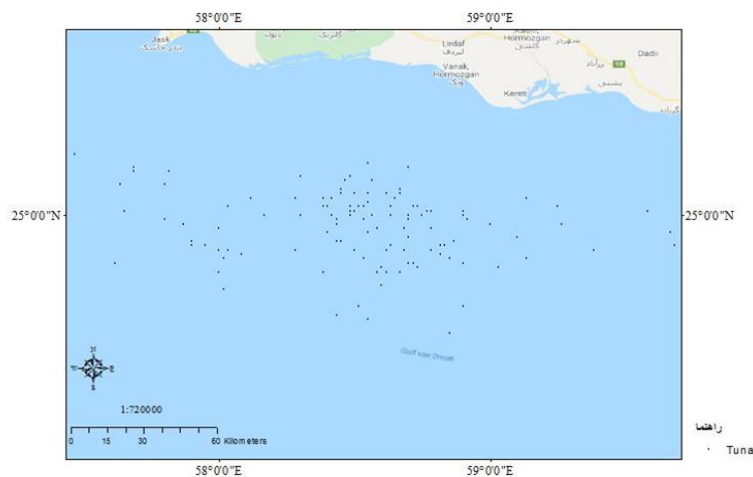
دریای عمان بین کشورهای ایران، عمان و پاکستان قرار دارد. حداکثر طول آن از شمال غرب تا جنوب شرق ۹۵۰ کیلومتر و حداکثر پهنا آن از شمال شرق به جنوب غرب حدود ۳۴۰ کیلومتر است (Azadbaksh, et al., 2015). خانواده تون ماهیان دارای ۱۵ جنس و ۴۹ گونه می‌باشد (Paighambari et al., 2018)، گونه‌های تون زرد باله (گیدر) (*Thunnus albacares*) (Hosseini et al., 2014)، هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) از ماهیان تون گرمسیری (Parsa et al., 2018) و گونه‌های هوور (*Thunnus tonggol*)، زرده (*Euthynnus affinis*)، تون منقوش (*Auxis thazard*)، شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) نیز از ماهیان تون ساحلی در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان پراکنش دارند (Naderi, 2013). صید غالب این گونه‌ها توسط تور گوش‌گیر صورت می‌گیرد و شناورهای صنعتی پورساین گونه‌های گیدر، هوور و هوور مسقطی را در دریای عمان صید می‌کنند. استفاده از داده‌های سنسج از راه دور می‌تواند بازدهی و کارایی شناورهای صنعتی را افزایش دهد (IOTC, 2019).

بر اساس داده‌های صید اقیانوس هند در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸، پنج کشور اصلی در صید گیدر سهم به‌سزایی دارند که شامل: اسپانیا با تور پورساین به میزان ۱۳ درصد، مالدیو توسط روش صید قلاب ۱۳ درصد، ایران توسط تورهای گوش‌گیر ۱۳ درصد، سیشل توسط پورساین ۹ درصد، سریلانکا توسط تورهای گوش‌گیر و

میزان و روزهای صید) است، انتخاب شد. ماهیگیری به روش پورساین یک روش صید تجاری و صنعتی در دریای عمان است و مطالعات دربارهٔ صید ماهیان به این روش در این ناحیه اندک است (Parsa *et al.*, 2018).

## ۲.۲. داده‌ها

در این مطالعه، از دو نوع داده، ماهیگیری و اقیانوسی برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ (۲۰۱۶ تا ۲۰۱۷) استفاده شد و برای دستیابی به هدف، بر تجزیه و تحلیل داده‌های دورسنجی برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری تمرکز گردید. شکل ۱ موقعیت صید ماهی گیدر را توسط پورساین‌های ایرانی در دریای عمان نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشهٔ پراکنش موقعیت صید ماهی گیدر در دریای عمان

SSH را می‌توان به‌عنوان نماینده‌ای برای تشخیص بسیاری از پدیده‌ها مانند جریان، جبهه‌ها (Setiawati *et al.*, 2015) جریان‌های فراچاهنده یا جریان‌های گردابی بکار برد (Kumar *et al.*, 2015). رنگ سطح آب، وجود یا عدم وجود کلروفیل-a را نشان می‌دهد که شاخصی برای حضور فیتوپلانکتون‌هاست. (Rajapaksha *et al.*, 2010). SST، دمای سطحی آب را نشان می‌دهد (Brewington *et al.*, 2014). دمای آب شاخص مناسبی برای مهاجرت (Mugo *et al.*, 2011) و

لانگ لاین ساحلی ۹ درصداند (IOTC, 2019).

در ایران مطالعاتی در مورد ارتباط صید ماهیان تون و داده‌های اقیانوس‌شناسی و دورسنجی با یکدیگر شده است (Haghi, *et al.*, 2018; Haghi, 2021) و در این تحقیق سعی شد با استفاده از سامانهٔ دورسنجی، مناطق پراکنش ماهی گیدر در دریای عمان شناسایی و نقشهٔ پراکنش آن‌ها ترسیم شود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. منطقهٔ مورد مطالعه

دریای عمان به‌دلیل حضور ماهی گیدر و صید به روش پورساین که دربرگیرندهٔ اطلاعات صید (موقعیت جغرافیایی،

### ۱.۲.۲. داده‌های ماهواره‌ای

داده‌های ماهانهٔ اقیانوسی دورسنجی شامل: دمای سطح آب در روز (Sea Surface Temperature: SST)، دمای سطح آب در شب (Surface Night Sea Temperature: NSST)، کلروفیل-a (Chlorophyll-a: Chl-a)، ارتفاع از سطح دریا (Sea Surface Height: SSH)، شوری (Sea Surface Salinity: SSS) و سرعت باد (Wind speed: Spd) استفاده شد که در جدول ۱ نحوهٔ دریافت این داده‌ها ذکر شده است.

### ۲.۲.۲. داده‌های ماهیگیری

در این مطالعه داده‌های صید پورساین از کشتی‌های بلوچ، هوور ۱، هوور ۲، هوور ۳ و پارسیان شیلا در دریای عمان مربوط به سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ دریافت گردید، این داده‌ها شامل موقعیت جغرافیایی، نوع گونه‌های صید شده، روزهای صید و وزن کل ماهی‌های صید شده بود. محدوده جغرافیایی صید شناورهای پورساین در دریای عمان در طول جغرافیایی ۵۷/۴۶ تا ۵۹/۶۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۴/۵۵ تا ۲۵/۲۳ درجه شمالی بود.

تجمع ماهی‌ها است، همچنین بر تولید زیستی دریا اثر می‌گذارد (Nurdin et al., 2017).

اهمیت شوری برای توزیع ماهی تون همچنان بحث برانگیز است، برخی از دانشمندان معتقدند که شوری بر توزیع ماهی تأثیری ندارد (Feng, 2003)، در حالی که بقیه نقش شوری بر توزیع ماهی‌ها را عنوان کرده‌اند (Yen et al., 2012; Arrizabalaga et al., 2015). بادهای اقیانوسی به‌عنوان حرکت جو به سطح اقیانوس تعریف می‌شود، سرعت باد یکی از عوامل تعیین‌کننده در تلاطم آب است که رفتار ماهی‌ها (Zagaglia et al., 2004)، نرخ رشد و تغذیه آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Teo et al., 2007).

جدول ۱- داده‌های اقیانوسی دورسنجی مورد استفاده در بررسی پراکنش صید ماهی گیدر

متغیرهای محیطی	ماهواره (سنجنده)	قدرت تفکیک مکانی (Km)	Level	آدرس
SST & NSST	(MODIS) Aqua	۴	۳	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov
Chl-a	(MODIS) Aqua	۴	۳	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov
SSS	(SMAPSMAP_RADIOMETER)	۲۵	۳	https://podaac.jpl.nasa.gov
SSH	(OSTM) Jason-2	۲۵	۴	http://marine.copernicus.eu
Spd	SMAP (SMAP_RADIOMETER)	۲۵	۳	https://podaac.jpl.nasa.gov

### ۳.۲. روش کار

ماهی گیدر (*Thunnus albacares*) صید هدف شناورهای پورساینر در دریای عمان است. داده‌های صید و تلاش ماهیگیری (توراندازی‌های پورساینر) از سازمان شیلات ایران دریافت شد. این اطلاعات به فایل شکلی از ماه‌های صید در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 وارد شد (Mugo et al., 2011). داده‌های ماهیگیری به دو بخش تقسیم شدند بخشی از داده‌ها در طی فرآیند و بخش دوم برای آزمون میزان دقت مدل نهایی استفاده گردید. فرمت تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده NetCDF بود، و تبدیل فرمت تصاویر از NetCDF به TIFF از طریق ابزار تبدیل NetCDF صورت گرفت. سپس با استفاده از ابزار نمونه‌گیری مجدد، داده‌ها را به یک قدرت تفکیک و اندازه سلولی یکسان، مطلوب کرده (Setiawati et al., 2015)، سپس با استفاده از فایل شکلی داده‌های صید، از طریق

ابزار برش نقشه‌های رستری (Darvishsefat and Pir, 2012) برش داده شد.

با روی هم گذاری هر یک از تصاویر متغیرها با موقعیت‌های ماهیگیری در آن ماه مشخص، از طریق تابع استخراج مقادیر سلول‌های مربوط به دست آورده شد (Mugo et al., 2011; Rayegani et al., 2019; Rayegani et al., 2020a; Rayegani et al., 2020b). نتایج استخراج، جدولی است که موقعیت‌های طول و عرض جغرافیایی را از موقعیت‌های ماهیگیری و مقادیر متغیرهای مربوطه در آن محل‌ها را نشان می‌دهد (Mugo et al., 2011; Zainuddin, 2011). سپس تحلیل‌های آماری که شامل رسم نمودار هیستوگرام و رگرسیون چند متغیره بود، صورت گرفت. نمودار هیستوگرام به‌منظور یافتن آستانه‌های مطلوبیت متغیرها انجام شد، در این روش تابع سیگموئید متقارن برای

وزن فاکتورها،  $\Pi$ : حاصل ضرب محدودیت‌ها می‌باشد (Estoque, 2011). در گام بعد، مدل در مورد چند رویداد صید آبیان آزمون شد (Lee et al., 2017) و در نهایت نقشه پراکنش ماهیان تون ترسیم گردید (Nurdin et al., 2013).

### ۳. نتایج

تشخیص مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری گیدر براساس داده‌های ماهیگیری و دورسنجی انجام شد. به طور کلی، دما (SST) به طور مستقیم با زیرسنگاه‌های گروه‌های ماهیان ارتباط دارد، و دمای مطلوب برای صید گیدر در فصل تابستان (جولای تا سپتامبر) ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دمای صید، مربوط به این ماهی در پاییز (مهرماه: اکتبر) در محدوده ۲۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. همچنین در بهار (اردیبهشت‌ماه: می) در محدوده دمایی ۲۹ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد صید انجام شد. با توجه به زمان صید که از سپیده دم تا ساعاتی بعد از غروب آفتاب ادامه داشت از دمای سطح آب در طول شب (NSST) نیز در انجام تحقیق استفاده گردید. در این نقشه‌ها دمای شبانه آب مربوط به صید گیدر در فصل‌های مختلف سال به ترتیب تابستان (جولای تا سپتامبر)، در محدوده ۳۰ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد، پاییز (مهرماه: اکتبر) ۲۸ تا ۲۹ سانتی‌گراد و در بهار نیز (اردیبهشت‌ماه: می) دمای شبانه ۳۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

در واقع، وقتی جریان‌های فراچاهنده رخ می‌دهد، آب سرد به سمت بالا و آب گرم به سمت پایین حرکت می‌کند. در این حالت، مواد مغذی به سطح آمده و منجر به رشد و شکوفایی پلانکتون‌ها شده و اساساً پلانکتون‌ها تکثیر یافته و از مواد مغذی تغذیه می‌کنند. میزان و درصد صید در ماه جولای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ بالا بوده که نشان دهنده مصرف کلروفیل و افزایش CPUE بود. میزان غلظت کلروفیل در دریای عمان برای صید گیدر در محدوده ۰/۱۶ تا ۱/۶۷ میلی‌گرم/متر مکعب برای ماه‌های مختلف محاسبه شد. مناسب‌ترین محدوده شوری (SSS) در دریای عمان نیز در محدوده ۳۶ تا ۳۷ در هزار بود.

استانداردسازی متغیرهای محیطی استفاده شد، استانداردسازی به دلیل متفاوت بودن واحدهای اندازه‌گیری این متغیرها صورت گرفت (Nurdin et al., 2013; Rayegani, 2017; Bahraminejad et al. 2018; Rayegani et al. 2020a; Rayegani et al. 2020b)، که به شرح زیر بود:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

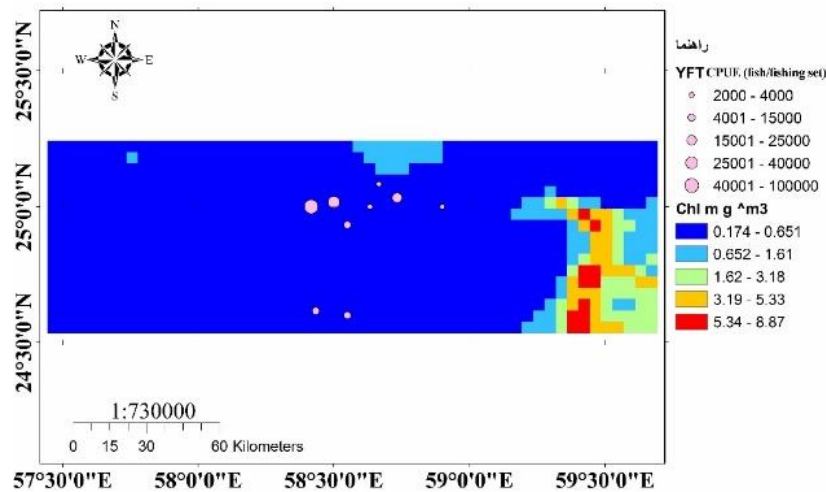
در این معادله  $\mu$ : میانگین،  $\sigma$ : انحراف معیار،  $\pi$ : ۳/۱۴۱۵۹،  $e$ : ۲/۷۱۸۲۸ هستند (Wolfram, 2003). سپس رگرسیون چند متغیره برای یافتن میزان اهمیت هر یک از پارامترها در پراکنش ماهیان تون با استفاده از شاخص‌های محیطی و داده‌های صید انجام شد (Nurdin et al., 2015). معادله رگرسیون چند متغیره مورد استفاده در این مطالعه به شرح زیر است:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{i,p-1} + \varepsilon_i$$

در این معادله  $Y_i$ : وزن صید بر حسب کیلوگرم،  $\beta_0$ : عدد ثابت،  $\beta_1$ : ضریب رگرسیون SST،  $\beta_2$ : ضریب رگرسیون کلروفیل-a و  $\beta_{p-1}$ : ضریب رگرسیون دیگر متغیرهاست.  $x_{i1}$ : متغیر SST،  $x_{i2}$ : متغیر کلروفیل و  $x_{i,p-1}$ : سایر متغیرهاست. استانداردسازی تصاویر ماهواره‌ای همراه با اطلاعات نمودارهای هیستوگرام از طریق منطق فازی صورت گرفت و در مرحله بعد نقشه‌های نهایی از طریق ارزیابی چندمعیاره از تصاویر استاندارد شده با میزان اهمیت داده‌های محیطی به دست آمده از رگرسیون چند متغیره با روش ترکیب وزنی خطی (WLC) حاصل شد (Wood and Dragicevic, 2007; Rayegani et al. 2020a) و رابطه Z ترکیب وزنی خطی به شرح زیر بود:

$$s = \sum w_i x_i \prod c_j$$

در این رابطه، S: مقدار سازگاری،  $x_i$ : مقدار فاکتور حاصل از استانداردسازی،  $w_i$ : وزن اختصاص داده شده به هر فاکتور،  $c_j$ : محدودیت‌ها (فاکتور بولی)،  $\sum$ : مجموع



شکل ۲- نقشه کلروفیل به همراه صید ماهی گیدر در ماه سپتامبر سال ۲۰۱۶

استفاده شد.

نتایج به‌دست آمده از رگرسیون خطی چندمتغیره نشان داد که مدل‌ها از دقت نسبتاً بالایی جز در دو مورد جولای ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ (ضریب تشخیص  $(R^2)$ : ۰/۳۳ تا ۰/۸۷) برخوردارند. همچنین از طریق ضریب استاندارد رگرسیونی اهمیت هر یک از شاخص‌های محیطی در یک ماه مشخص در ارتباط با داده‌های همان ماه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. از مقادیر به‌دست آمده همراه با تصاویر استاندارد شده برای تهیه نقشه‌های مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری استفاده شد.

جدول‌های ۲ و ۳ به ترتیب دقت داده‌های محیطی در ارتباط با صید و اهمیت پارامترهای محیطی در ماه‌های صید را نشان می‌دهد. نقشه‌های نهایی با توجه به شرایط محیطی و وضعیت صید ماهی گیدر، به پنج طبقه بسیار خوب، خوب، متوسط، ضعیف و بسیار ضعیف تقسیم شدند. با توجه به نقاط صید ماهی گیدر که در هر یک از نقشه‌ها قابل رویت است، بیشترین میزان صید از نظر تعداد، با در نظر گرفتن تمام ماه‌هایی که صید در آن انجام شده است از مناطقی با وضعیت بسیار خوب با مختصات  $24^{\circ}55'$  درجه شمالی و  $58^{\circ}16'$  درجه شرقی تا  $25^{\circ}16'$  درجه شمالی و  $57^{\circ}48'$  درجه شرقی حدود  $78/6$  در صد مشاهده شد. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب نقشه پراکنش

در فصل تابستان همچنین بادهای موسمی جنوب غربی در دریای عمان حاکم است. صید پایدار ماهی گیدر در تابستان (جولای تا سپتامبر) با سرعت بادهایی در حدود  $4/3$  تا  $5$  متر/ثانیه اتفاق افتاده است. در بهار (اردیبهشت‌ماه: می) مطلوب‌ترین محدوده صید  $3/43$  تا  $4/08$  متر/ثانیه مشاهده شد و در فصل پاییز (مهرماه: اکتبر) نیز بهترین محدوده سرعت باد در حدود  $3m/s$  متر/ثانیه اندازه‌گیری شد.

علت افزایش SSH در فصل تابستان، را می‌توان افزایش سرعت باد در این فصل با توجه به مقادیر سرعت باد و باد های موسمی جنوب غربی در منطقه در نظر گرفت. ارتفاع سطح آب برای صید مطلوب ماهی گیدر به ترتیب در تابستان (جولای تا سپتامبر)، بهار (اردیبهشت‌ماه: می) و پاییز (مهرماه: اکتبر) در مقایسه با میزان صید در حدود  $0/54$  تا  $0/67$ ،  $0/5$  و  $0/56$  سانتی‌متر اختلاف نسبت به میانگین تراز آب برآورد شد. شکل ۲، الگوی پراکنش ماهی گیدر در طی ماه سپتامبر (شهریور) سال ۲۰۱۶ ( $1395$ )، از داده‌های دورسنجی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی از طریق نمودارهای هیستوگرام هر یک از متغیرها، آستانه‌های مطلوبیت برای هر عامل محیطی به‌دست آمد و از آن در استانداردسازی لایه با استفاده از منطق فازی در نرم‌افزار ترست (TerrSet)

صید) در مناطقی با وضعیت بسیار خوب رخ داده است که با نتایج حاصل از تهیه نقشه نهایی مطابقت داشت که نشان‌دهنده دقت صید در دریای عمان با توجه به اهمیت هر یک از شاخص‌های محیطی است. بر این اساس می‌توان بیان کرد که داده‌های دور سنجی می‌تواند مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری را با حداقل خطا نشان دهند.

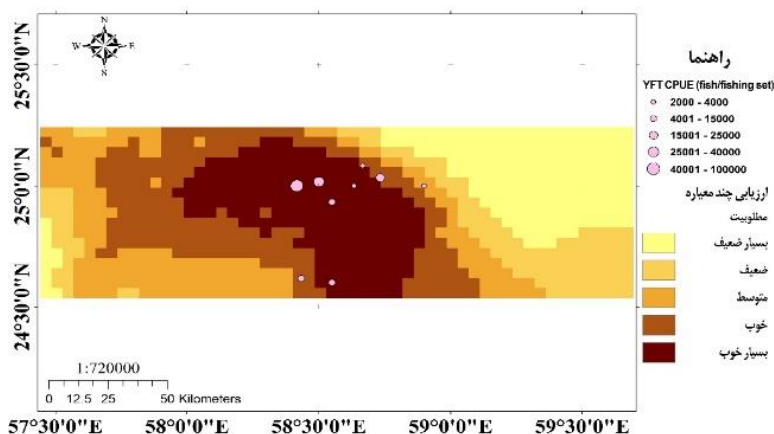
ماهی تون در ماه سپتامبر در سال ۲۰۱۶ و ماه جولای در سال ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. در نهایت نقشه‌های تولید شده با داده‌های صیدی که از ابتدا کنار گذاشته شده بود، اعتبارسنجی گردید تا دقت نقشه‌ها آزمون گردد. با توجه به نقشه‌ها، مشاهده گر شد که اکثر نقاط صید موفق و کارآمد (از نظر تعداد و مقدار

جدول ۲- دقت داده‌های محیطی بررسی شده در ارتباط با صید

ضریب تشخیص	ماه‌های صید	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	می	جولای	آگوست
R <sup>2</sup>	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۷	۲۰۱۷
	۰/۳۱۵	۰/۸۷۶	۰/۷۲۸	۰/۷۹۶	۰/۸۶۵	۰/۳۳۱	۰/۸۴۱	

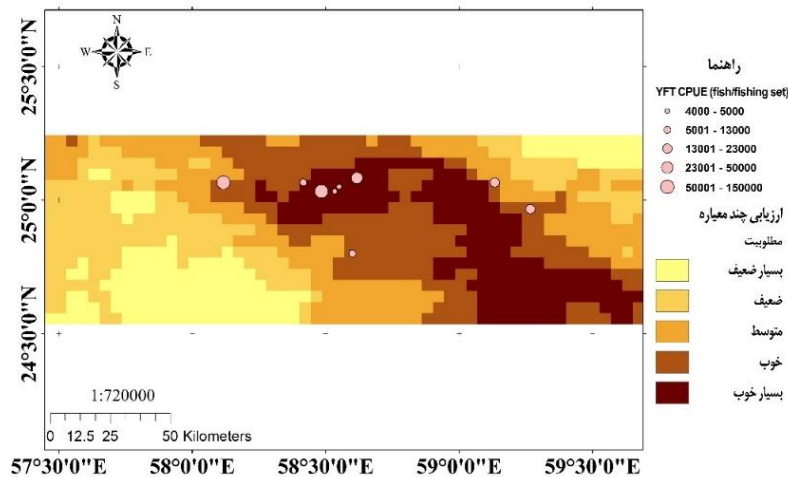
جدول ۳- اهمیت شاخص‌های محیطی در ماه‌های صید

پارامترها	ماه‌های صید	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	می	جولای	آگوست
SST (°C)	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۷	۲۰۱۷
NSST (°C)	۰/۱۰۳	۰/۰۸۸	۰/۰۸۸	۰/۰۸۸	۰/۰۷۱	۰/۱۶۰	۰/۳۸۲	۰/۲۳۳
Chl-a (mg/m <sup>3</sup> )	۰/۱۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۱۲۹	۰/۱۰۴	۰/۱۳۳	۰/۱۸۰	۰/۱۳۵
SSH (cm)	-	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	۰/۰۱۰	۰/۱۷۶	۰/۲۳۲	-	۰/۱۷۵
SSS (psu)	۰/۱۰۹	۰/۳۸۲	۰/۳۸۲	۰/۳۱۴	۰/۲۷۲	۰/۱۸۶	۰/۱۶۶	۰/۰۱۲
Wind speed (m/s)	۰/۴۵۵	۰/۲۰۶	۰/۲۰۶	۰/۳۹۰	۰/۰۴۴	۰/۰۷۹	۰/۱۸۲	۰/۰۶۴
Yellowfin CPUE (fish/fishing set)	۰/۳۱۵	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۰/۰۶۶	۰/۳۳۰	۰/۲۰۷	۰/۰۸۷	۰/۳۷۸
	۱۶۸۰۰۰	۱۶۴۰۰۰	۱۶۴۰۰۰	۲۹۰۰۰۰	۱۳۵۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۴۲۹۰۰۰	۱۰۲۰۵۰



شکل ۳- نقشه نهایی پراکنش ماهی تون در ماه سپتامبر سال ۲۰۱۶





شکل ۴- نقشه نهایی پراکنش ماهی تون در ماه جولای سال ۲۰۱۷

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اینکه توزیع بسیاری از این گونه‌ها به‌طور مستقیم با شاخص‌هایی مثل دما، کلروفیل و ارتفاع آب و ... در ارتباط است (Stuart et al., 2011)؛ پژوهش حاضر توانست اطلاعات به‌دست آمده از ماهواره‌ها برای پیش‌بینی مکان‌های احتمالی تجمع ماهیان و ترسیم نقشه پراکنش ماهی تون را در دسترس قرار دهد.

طبق نتایج به‌دست آمده محدوده مطلوبی از شاخص‌های محیطی در ماه‌های مختلف برای ماهی‌گیری مناسب است در حالی که اگر از این محدوده تغییر کند مطلوبیت کمتر را نشان می‌دهد که با مطالعات Nurdin و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی کاربرد داده‌های دورسنجی برای تشخیص مناطق دارای پتانسیل ماهی‌گیری، ماهی طلال (*Rastrelliger kanagurta*) در آب‌های اندونزی پرداخته، مطابقت دارد. پراکنش ماهی‌گیری در منطقه مورد مطالعه توسط تصاویر ماهواره‌ای دما، کلروفیل، ارتفاع سطح از دریا، شوری و باد مشاهده شد که با مطالعات گذشته (Zagaglia et al., 2004; Davies et al., 2014; Arrizabalaga et al., 2015) همخوانی دارد. نتایج بیانگر تأثیر متغیر زمانی و مکانی (ماه‌های صیادی و عرض جغرافیایی) (Haghi et al., 2018) همراه با متغیرهای

زیست‌محیطی است (Haghi, 2021). در بررسی‌های صورت گرفته اثر متغیر زمانی و مکانی از جمله مهم‌ترین فاکتورها در مطالعه پراکنش و اثرات تغییر اقلیم ماهی تون اقیانوس هند و آرام عنوان شده است (Haghi et al., 2018). تمرکز شناورهای صیادی ایران در محدوده آب‌های دریای عمان (مکران) است. به‌طوری که شاخص مطلوبیت در طول جغرافیایی پایین (پایین‌تر از ۶۰ درجه) و عرض جغرافیایی بالا (۲۲/۵ تا ۲۷/۵ درجه) بیانگر حضور شناورها و در نتیجه پراکنش ماهی تون هوور مسقطی در این حوضه است. نتایج تحقیقات گذشته روی تون‌گیر نشان داده است که دمای سطحی آب، کلروفیل  $\alpha$  به همراه ارتفاع سطح دریا نقش زیادی در تعیین زیستگاه این گونه در دریای عمان داشته است (Haghi et al., 2018).

دما و کلروفیل به‌طور مستقیم با فراوانی ماهی‌ها در مناطق دریایی مرتبط است (Nauyen and Doan, 2014)، نتایج این تحقیق با مطالعات Haghi و همکاران (۲۰۱۸) که دمای آب را در اقیانوس هند مطابقت داشت، این دما برای حضور ماهی‌گیر در حدود ۲۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد و نشان دادند که ماهی‌گیر در مناطقی با مقادیر کلروفیل کم، بیشتر حضور دارند. به بیان دیگر، ماهیان تون از ماهی‌های میان‌زی (میکتوفیدها) تغذیه می‌کنند که آن‌ها نیز از ژئوپلانکتون‌ها که فیتوپلانکتون خوار

مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری را ارائه می‌دهد. دمای سطح دریا و غلظت کلروفیل در پراکنش و فراوانی ماهی تون نقش دارد. مطالعات نشان داده‌اند که ماهی گیدر آب های گرم را ترجیح می‌دهد و میزان صید بالا عمدتاً در مناطقی با غلظت متوسط کلروفیل صورت می‌گیرد. اولویت اول غذایی ماهی گیدر، اسکوئید پشت ارغوانی و اولویت دوم آن ماهیان استخوانی است (Kaymaram *et al.*, 2002) که شبکه ارتباط غذایی را میان سطوح تغذیه‌ای پایین و شکارچیان بالاتر ایجاد می‌کند (Varela *et al.*, 2017). به عبارت دیگر، تغذیه تون زردباله در غرب اقیانوس هند با فاکتورهای زیست‌محیطی و زی‌توده پلانکتونی ارتباط مستقیم دارد (Kaymaram *et al.*, 2002). ارتفاع سطح دریا، ویژگی‌های اقیانوسی، مانند جریان، جبهه‌ها، جریان‌های فراچاهنده و جریان‌های گردابی را نشان می‌دهد. گونه‌های ماهی تون در اطراف جبهه‌ها و جریان‌های گردابی که شکار در آن محل تجمع می‌یابد؛ جمع می‌شوند (Lan *et al.*, 2017).

### نتیجه گیری نهایی

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که، تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و زیست‌شناختی می‌تواند برای پیش‌بینی و شنا سایی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری ماهی تون استفاده شود. فناوری‌های سنجش از دور، صیدهای موفق و مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری را نشان می‌دهد. شاخص‌های زیست‌فیزیکی نقش مهمی در کنترل پراکنش و فراوانی ماهی تون ایفا می‌کنند و دسترسی به این اطلاعات، مدیریت منابع و فرآیند ماهیگیری را بهبود می‌بخشد. داده‌های دورسنجی مناطق دارای پتانسیل ماهیگیری را با حداقل خطا نشان می‌دهد، از این‌رو، در مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد، برای مکان‌یابی صید و راهنمایی صیادان از داده‌های دورسنجی استفاده شود. همچنین نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیران شیلات برای مدیریت ماهیگیری بر پایه اکوسیستم و حمایت از آبزیان کمک نماید.

هستند، تغذیه می‌کنند (Kumari *et al.*, 2009). ارتفاع از سطح دریا می‌تواند بیانگر جریان‌های دریایی و اقیانوسی باشد که در پراکنش عمودی و افقی ماهیان تون در اقیانوس‌ها مؤثر است و با ایجاد منطقه با تولید اولیه بالا منجر به تجمع شکارچیان به‌ویژه تون‌ماهیان می‌شود (Haghi, 2021).

همچنین این نتیجه‌گیری با حاکمیت بادهای موسمی جنوب غربی در دریای عمان که منجر به ایجاد جریان (جهت شمال غربی) در دریای عمان تطابق دارد. در فصل زمستان برعکس بادهای موسمی که از شمال شرقی می‌وزند و آب به خارج از دریای عمان جریان می‌یابد (Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, 2012)، مطابقت دارد.

همان‌طور که ذکر شد مقادیر شوری در دریای عمان در ماه‌های مختلف سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ تقریباً یکسان اندازه‌گیری شد که با مطالعات Feng (۲۰۰۳) که شوری کاملاً پایدار است، و در میان مناطق و فصول مختلف، چندان متفاوت نیست و تأثیری بر توزیع ماهی تون ندارد، مطابقت دارد.

به‌طور کلی در این مطالعه، تطابق داده‌های ماهیگیری با شرایط اقیانوسی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت، و این موضوع استنباط می‌شود که صید گیدر در محدوده خاصی از شرایط اقیانوسی بیشتر است. در منطقه مورد مطالعه، گیدر در ماه‌های می، جولای و سپتامبر در مختصات  $24/55$  درجه شمالی و  $58/85$  درجه شرقی تا  $25/16$  درجه شمالی و  $57/68$  درجه شرقی فراوان است و شرایط مطلوب متغیرهای محیطی در طول دوره، بسیار به نتایج داده‌های صید مشابه بود. نتایج نشان داد که مناطقی با SST و NSST بالا، SSHA تقریباً  $0/5$  تا  $0/67$  سانتی‌متر و غلظت کلروفیل تقریبی  $0/16$  تا  $1/67$  میلی‌گرم بر متر مکعب، سرعت باد  $4$  تا  $5$  متر بر ثانیه و شوری  $36$  تا  $37$  در هزار بازده بالاتری در صید ماهی گیدر دارد. مشاهدات ماهواره‌ای از سطح دریا اطلاعات قابل توجهی برای ارزیابی

## ۵. منابع

## References

- Arrizabalaga, H., Dufour, F., Kell, L., Merino, G., Ibaibarriaga, L., Chust, G., Irigoien, X., Santiago, J., Murua, H., Fraile, I., Chifflet, M., Goikotxea, N., Sagarminaga, Y., Aumont, O., Bopp, L., Herrera, M., Fromentin, J., Bonhomeau, S., 2015. Global Habitat Preferences of Commercially Valuable Tuna. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 113, 102-112.
- Azadbaksh, A., Aghir, M., Arhang, B., Afraei, M., Eliasi, F., Ostad Mohammadi, H., Iranpur, M., Ebrahimi, M., Asgharnia, M., Esmaeili, A., Yasemi, M., 2015. Assess Reserves and Provide Management Solutions for Sustainable Exploitation of Aquatic Resources. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Iranian Fisherise Science Research Institute. 79 p. (In Persian)
- Bahrami Nejad, M., Rayegani, B., Jahani, A., Nezami, B., 2018. Proposing an Early-Warning System for Optimal Management of Protected Areas (Case Study: Darmiyān Protected Area, Eastern Iran). *Journal of Geography and Environmental Hazards* 7(26), 75-94. (In Persian)
- Brewington, L., Frizzelle, B., Walsh, S., Mena, C., Sampedro, C., 2014. Remote Sensing of the Marine Environment Challenges and Opportunities in the Galapagos Islands of Ecuador. In: Denkinger, J., Vinueza, L. (Eds.), *the Galapagos Marine Reserve, Social and Ecological Interactions in the Galapagos Islands*. Springer Science, New York. pp. 109-136.
- Copernicus Marine Service, 2017. Available from <http://marine.copernicus.eu>. Accessed 26th February 2017
- Darvishsefat, A., Pir Bavaghar, M., 2012. Applied GIS. Iranian Students Booking Agency. 236 p. (In Persian)
- Davies, TK., Mees, C., and Gulland, E., 2014. Modelling the Spatial Behaviour of a Tropical Tuna Purse Seine Fleet. *PLoS ONE* 9(12), 1-18.
- Estoque, R., 2011. GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis (in Natural Resource Management). Division of Spatial Information Science.
- Feng, B., 2003. Preliminary Study on relationship between hooking rate of bigeye tuna longline fisheries and environmental factors in the Indian Ocean (in Chinese with English abstract), M.D Thesis, Shanghai Fishery University, Shanghai, China.
- Gillett, R., 2011. Bycatch in Small-Scale Tuna Fisheries. FAO, Italy. 132 p.
- Hosseini, S.A., Kaymaram, F., Darvishi, M., Parafkandeh, F., 2014. Estimates of Length-Based Population Parameters of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in the Oman Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14(1), 101-111. (In Persian)
- Haghi, A., 2021. Distribution Modeling of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus* Lowe, 1839), Using Satellite Derived Environmental Variables in Indian Ocean, *Applied Ecology* 9(4), 1-14. (In Persian)
- Haghi, A., Ghorbani, R., Peighambari, S., Lee, M., Kaplan, D., Block, B., 2018. Relationship between Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Distribution Caught by Iranian Purse Seiners and Environmental Variables in the Indian Ocean. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 26(1), 67-82. (In Persian)
- Haghi, A., Ghorbani, R., Peighambari, S., Lee, M., Kaplan, D., Block, B., 2018. Relationship between Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) Distribution Caught by Iranian Purse Seiners and Environmental Variables in the Indian Ocean. *Journal of Applied Ichthyological Research* 6(1). (In Persian)
- IOTC, 2019. Review of the statistical data and fishery trends for tropical tunas. IOTC–2019–WPTT21–08\_Rev1.
- Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, 2012. Oceanographic features of the Oman Sea, Available from <http://www.inio.ac.ir>. (Accessed on 1 August, 2012). (In Persian)
- Kaymaram, F., Emadi, H., Keyabi, B., 2002. Study of Feeding Habits of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in the Oman Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 10(4), 37-48. (In Persian)

- Kumar, N., Kumar M, N., Swetha, N., Nayak, J., Bright, R., and Kumar T, S., 2015. Utility of Sea Surface Height anomaly (SSHa) in Determination of Potential Fishing Zones. ESSO/INCOIS/ASG/TR. Report number: 02, 37p.
- Kumari, B., Raman, M., Mali, K., 2009. Locating Tuna Forage Ground Through Satellite Remote Sensing. *Remote Sensing* 30(22), 5977-5988.
- Lan, K., Shimada, T., Lee, M., Su, N., Chang, Y., 2017. Using Remote-Sensing Environmental and Fishery Data to Map Potential Yellowfin Tuna Habitats in the Tropical Pacific Ocean. *Remote Sensing* 9(5), 444.
- Lee, M., Haghi, A., Liu, D., Yang, W., 2017. Potential and Prospective Seasonal Distribution of Hotspot of Albacore Tuna (*thunnus alalunga*) in the South Indian Ocean Using the Satellite Data. IGARSS, 5747-5750.
- Mugo, R., Saitoh, S., Nihira, A., Kuroyama, T., 2011. Application of Multi-Sensor Satellite and Fishery Data, Statistical Models and Marine-GIS to Detect Habitat Preferences of Skipjack Tuna. Handbook of Satellite Remote Sensing Image Interpretation: Marine Applications, pp. 169-185.
- Naderi Abbaspour, R., 2013. The Role and Importance of Neritic Tuna Catches in I.R. Iran Fishing Activities. IOTC-2013-WPNT03-10. (In Persian)
- Nguyen, D., Doan, V., 2014. Using Remote Sensing Data for Yellowfin Tuna Fishing Ground Forecasting in Vietnamese Offshore Areas. *Emerging Technology and Advanced Engineering* 4(2), 598-605.
- Nurdin, S., Mustapha, A., Lihan, T., 2013. The Relationship between Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a Concentration in Fisheries Aggregation Area in the Archipelagic Waters of Spermonde Using Satellite Images. AIP Conference Proceedings 1571, 466-472.
- Nurdin, S., Mustapha, M., Lihan, T., Ghaffar, M., 2015. Determination of Potential Fishing Grounds of *Rastrelliger kanagurta* Using Satellite Remote Sensing and GIS Technique. *Sains Malaysiana* 44(2), 225-232.
- Nurdin, S., Mustapha, M., Lihan, T., Zainuddin, M., 2017. Applicability of Remote Sensing Oceanographic Data in the Detection of Potential Fishing Grounds of *Rastrelliger kanagurta* in the Archipelagic Waters of Spermonde, Indonesia. *Fisheries Research* 196, 1-12.
- OceanColor WEB 2017. Available from <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. (Accessed 18 February 2017).
- Paighambari S.Y., Darvishi, M., Ghorbani, A.R., Kaymaram, F., 2018. Population Assessment and Yield Per Recruit of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) in Northern of the Persian Gulf and Oman Sea (Iran, Hormozgan Province). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 17(4), 776-789.
- Parsa, M., Kamrani, E., Safaei, M., Paighambari S., and Nishida, T., 2018. Identification of by-Catch Species of Tuna Purse Seiners in Iranian Waters of Oman Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 17(1), 239-244. (In Persian)
- Physical Oceanography Distributed Active Archive Center 2017. Available from <https://podaac.jpl.nasa.gov>. (Accessed on 10 February 2017).
- Rajapaksha, J. K., Nishida, T., Samarakoon, L., 2010. Environmental preferences of yellow fin tuna (*Thunnus albacores*) in the northeast Indian Ocean: an application of remote sensing data to long-line catches. IOTC Fourteenth Working Party on Tropical Tunas.
- Rayegani, B., 2017. Gravel, Cobbles and Boulders Percentage Mapping Using Close-Range Photogrammetry (Case Study: The Tehran-Karaj Plain). *Journal of Water and Soil* 30, 956-968. (In Persian)
- Rayegani, B., Barati, S., Goshtasb, H., Sarkheil, H., Ramezani, J., 2019. An Effective Approach to Selecting the Appropriate Pan-sharpening Method in Digital Change Detection of Natural Ecosystems. *Ecological Informatics* 53 (2019), 100984.
- Rayegani, B., Barati, S., Goshtasb, H., Gachpaz, S., Ramezani, J., and Sarkheil, H., 2020a. Sand and Dust Storm Sources Identification: A Remote Sensing Approach. *Ecological Indicators* 112, 106099.

- Rayegani, B., Barati, S., Sarkheil, H., 2020b. A Simple Model for PIFs Extraction at Digital Change Detection Approach. *Modeling Earth Systems and Environment* 7(3), 1769-1781 (In Persian)
- Setiawati, M., Sambah, A., Miura, F., Tanaka, T., and As-syakur, A., 2015. Characterization of Bigeye Tuna Habitat in the Southern Waters off Java–Bali Using Remote Sensing Data. *Advances in Space Research* 55(2), 732-746.
- Setiawati, M., Tanaka, T., 2017. Utilization of Scatterplot Smoothers to Understand the Environmental Preference of Bigeye Tuna in the Southern Waters off Java-Bali: Satellite Remote Sensing Approach. *Fishes* 2(1), 1-16.
- Teo, S., Boustany, A., Block, B., 2007. Oceanographic preferences of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, on their Gulf of Mexico breeding grounds. *Marine Biology* 152, 1105-1119.
- Tijani, K., Morea, A., Chiaradia, M., Nutricato, R., Guerriero, L., 2016. Prototype of a Multi-Platform Remote Sensing Service for Fishing Forecasting.
- Varela, J., Intriago, K., Flores, J., Pilozo, C., 2017. Feeding Habits of Juvenile Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in Ecuadorian Waters Assessed from Stomach Content and Stable Isotope Analysis. *Fisheries Research* 194, 89-98.
- Williams, G., Sapoznik, M., Ocampo-Reinaldo, M., Solis, M., Narvarte, M., González, R., Esteves, J.L., Gagliardini, D., 2010. Comparison of AVHRR and SeaWiFS Imagery with Fishing Activity and in Situ Data in San Matías Gulf, Argentina. *International Journal of Remote Sensing* 31, 4531-4542.
- Wolfram, 2003. Normal Distribution, Available from <https://mathworld.wolfram.com>. (Accessed on 12 August, 2018).
- Wood, L., Dragicevic, S., 2007. GIS-Based Multicriteria Evaluation and Fuzzy Sets to Identify Priority Sites for Marine Protection. *Biodiversity and Conservation* 16, 2539-2558.
- Yen, K., Jung Lu, H., Chang, Y., Lee, M., 2012. Using Remote-Sensing Data to Detect Habitat Suitability for Yellowfin Tuna in the Western and Central Pacific Ocean. *Remote Sensing* 3 (23), 7507-7522.
- Zagaglia, C., Lorenzetti, J., Stech, J., 2004. Remote Sensing Data and Longline Catches of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) in the Equatorial Atlantic. *Remote Sensing of Environment* 93(1-2), 267-281.
- Zainuddin, M., Saitoh, S., 2004. Detection of potential fishing ground for albacore tuna using synoptic measurements of ocean color and thermal remote sensing in the northwestern North Pacific. *Geophysical Research Letters* 31(20).
- Zainuddin, M., Saitoh, K., and Saitoh, S., 2008. Albacore (*Thunnus alalunga*) Fishing Ground in Relation to Oceanographic Conditions in the Western North Pacific Ocean Using Remotely Sensed Satellite Data. *Fisheries Oceanography* 17(2), 61-73.
- Zainuddin, M., 2011. Skipjack Tuna in Relation to Sea Surface Temperature and Chlorophyll-a Concentration of Bone Bay Using Remotely Sensed Satellite Data. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 3(1), 82-90.

